

人工裂缝方向及其影响因素

赵国石, 徐 健, 邱金平

(大庆油田有限责任公司第八采油厂地质大队, 黑龙江大庆 163514)

[摘要] 区域应力场的应力方向是人工裂缝方向的普遍控制因素, 多数人工裂缝方向沿区域最大水平主应力方向。但构造、原生裂缝、介质间断面也会影响人工裂缝方向。在蒙古国塔木查格盆地及中国黑龙江省海拉尔盆地进行了大量的压裂裂缝监测, 监测结果为油田布井提供了依据。监测发现, 多数人工裂缝方向沿区域最大水平主应力方向, 但也出现一些异常方向的人工裂缝, 异常方向人工裂缝的井通常高产。了解异常人工裂缝的形成原因, 对提高压裂施工水平, 应用压裂裂缝方向布井有重要意义。结合监测结果, 探讨了监测区异常方向人工裂缝的形成机制, 及有些人工裂缝方向异常的井高产的原因。

[关键词] 人工裂缝方向; 构造; 原生裂缝; 介质间断面

[中图分类号] TE132 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)04-0100-05

1 前言

蒙古国塔木查格盆地及中国黑龙江省海拉尔盆地同属于第三沉降带, 其油田有大体相同的生成原因及地层结构, 产油层位主要为铜钵庙组、南屯组及布达特群, 均属于低孔、低渗油田, 所有井均需压裂投产。微地震监测是检查压裂质量及为油田布井提供依据的重要手段, 笔者进行了大量的微地震压裂监测。压裂裂缝的优势方向北东 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 给出了区域最大水平主应力方向。也有个别井人工裂缝方向不在这个范围, 出现左旋或右旋, 表现出异常人工裂缝方向, 多数异常人工裂缝方向为高产液井。把异常人工裂缝方向井与构造部位、构造走向、等深线变化趋势进行了比较。研究认为, 区域应力场的应力方向是人工裂缝方向的普遍控制因素, 原生裂缝走向、构造端部、构造交汇部位、介质间断面也影响人工裂缝方向。受原生裂缝走向、构造端部、构造交汇部位影响改变人工裂缝方位的井, 因为与地下原有裂缝相连、或处于压应力相对较低的位置, 通常会高产液。受介质间断面影响改变人工裂缝方向的井通常不影响产液量。

2 监测区最大水平主应力方向

压裂时, 如果干扰强度不是足够大, 人工裂缝面应该沿垂直最小主应力方向扩展, 如果裂缝直立, 走向应该沿最大水平主应力方向。笔者统计监测区的人工裂缝方向, 汇成直方图(见图1)。图1中横轴是从正北方向旋转到正南方向的方位, 20° 一个间隔。纵轴是数据个数, 间隔是5个; 白色直方图是人工裂缝方位个数; 深灰色直方图是主裂缝方位个数; 浅灰色直方图是支裂缝方位个数; 黑色直方图是非构造裂缝个数。由直方图可以看出: 人工裂缝方向分布在北东 $40^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 范围, 所有地质层位的优势方向均为北东 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$; 人工裂缝的优势方向反映了现今应力场的最大水平主应力方向, 为北东 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 范围。表明塔木察格盆地的人工裂缝方向由多种因素决定, 但应力场的控制作用应该比较强烈, 人工裂缝方向呈单峰分布, 优势方向明显, 离散的人工裂缝方向分布在优势方向二侧, 相对比较集中。这给塔木查格油田布井、开采带来方便。北西向各类裂缝反映了原生裂缝的存在与走向, 是历史应力场作用的结果。

海拉尔盆地贝尔凹陷人工裂缝方向复杂, 人工

[收稿日期] 2012-02-25

[作者简介] 赵国石(1975-), 男, 黑龙江肇州县人, 工程师, 主要从事油水井管理工作; E-mail: zhaoguoshi@petrochina.com.cn

裂缝方向分布在北东 $40^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 度范围,优势方向北东 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$;该方向反映了近北东东向主压应

力方向的作用。人工裂缝方向呈双峰分布,存在异常人工裂缝方向(见图2)。

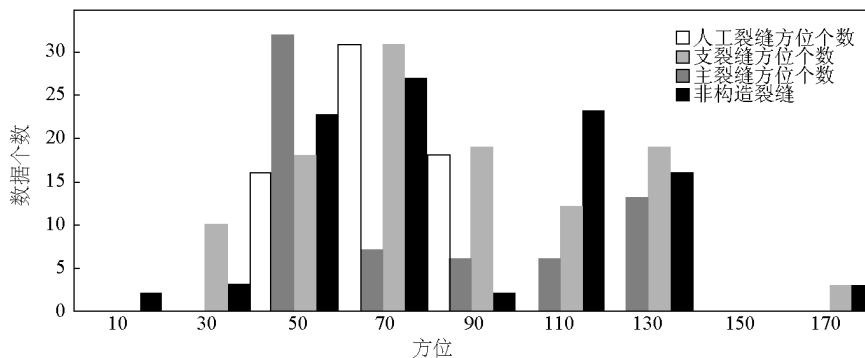


图1 塔木查格盆地人工裂缝方位直方图

Fig. 1 Direction histogram of the hydraulic fracturing in Tamtsag Basin

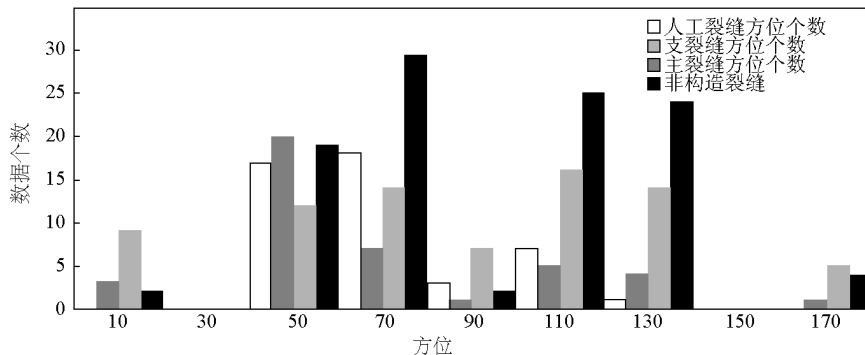


图2 海拉尔盆地贝尔凹陷人工裂缝方向直方图

Fig. 2 Direction histogram of the hydraulic fracturing in Hailaer Basin

3 监测区受构造影响改变人工裂缝方向的井

蒙古国塔木查格盆地及中国黑龙江省海拉尔盆地构造复杂,油田内切割强烈,存在不同走向、形态、性质的断层。断层端部、交汇部位会形成不同于区域应力场的局部应力场,影响人工裂缝方向。希2-1井位于北北东走向断层与北西向断层的交汇位

置,在区域应力场作用下北北东走向断层出现右旋滑动趋势,断层交汇阻止滑动的发生,在交汇位置的右下方会出现垂直于断层走向的拉张作用,出现北西西向的人工裂缝,监测人工裂缝方向北西 76.8° (见图3)。由于人工裂缝经过拉张区,这类偏转可能有较高的产液量,实际上该井为工业油层。

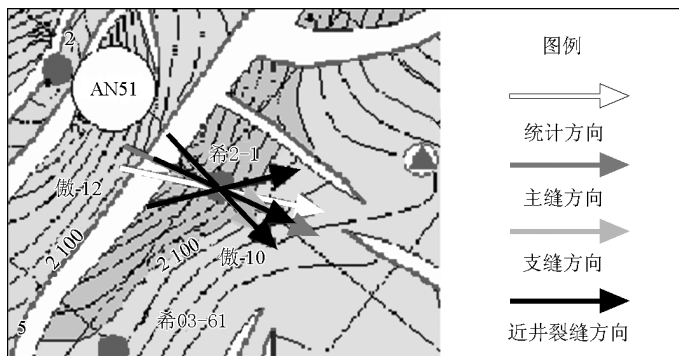


图3 希2-1井人工裂缝监测结果与地质构造图

Fig. 3 Geological structure map and direction of hydraulic fracturing of Well Xi 2-1

断层端部有同样的机制阻止断层面出现相对滑动,也可以改变人工裂缝方向。

4 监测区受原生裂缝影响改变人工裂缝方向的井

低孔、低渗油田存在原生裂缝,人工裂缝延伸经过规模较大的原生裂缝时,会转向原生裂缝方向。以下原因均可形成原生裂缝:地层压力支撑的张性裂缝,共扼分布的张剪性裂缝,共扼分布的压剪性裂缝,边界清楚的沉积条带,非构造成因裂缝,裂隙条带,这些原生裂缝均会影响人工裂缝方向。图4是乌108-112井人工裂缝方向与地质构造图,裂缝方

向与邻近构造大体平行。图5是乌108-112井人工裂缝方位与形态,二段裂缝的转向与衔接与邻近构造的走向趋势非常一致,进一步表明压裂裂缝大体沿着伴随构造出现的裂缝延伸。乌108-112井邻近北西走向的断层,裂缝走向与断层走向大体平行,北西 59.9° 。在断层附近,经常存在平行于断层的伴随裂缝,人工裂缝偏离优势方向,可能受到伴随裂缝的影响,沿伴随裂缝走向。由图5可以看到,裂缝走向与拐点与邻近断层的走向与拐点有很好的的一致性,佐证了人工裂缝方向异常是受到原生裂缝的影响。由于与原生裂缝相连,这类裂缝偏转可能有较高的产液量,实际上,乌108-112井是工业油层。

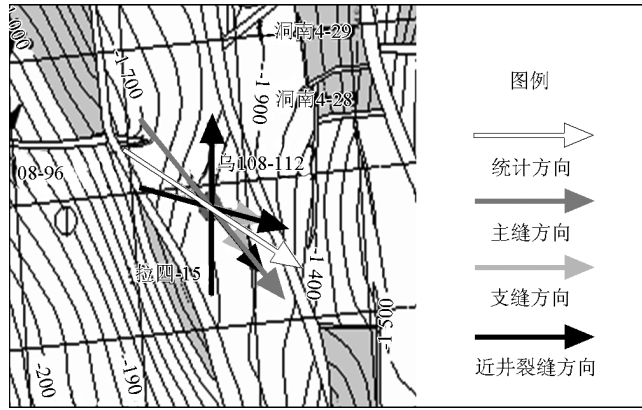


图4 乌108-112井人工裂缝监测结果与地质构造图

Fig.4 Geological structure map and direction of hydraulic fracturing of Well Wu 108-112

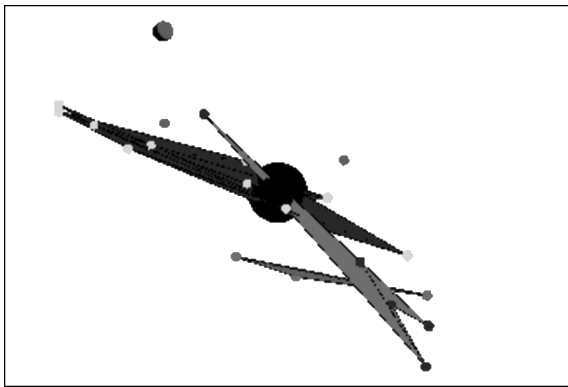


图5 乌108-112井压裂裂缝方向与形态

Fig.5 Geometry and direction of hydraulic fracturing of Well Wu 108-112

地地形起伏明显,等深线间距小、密度大。通常,等深线一侧的地层是底部、较老的地层,另一侧是上覆、较新的地层;二侧介质的模量不同,底部、较老地层介质的模量大,上覆、较新地层介质的模量小,形成介质间断面。图6中,左侧是底部地层,模量偏大;右边是上覆地层,模量偏小。在沉积承压过程中,地层受到压缩;模量偏大的地层压缩变形小;模量偏小的地层压缩变形大。假定两者的连接面是焊

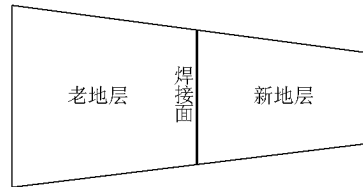


图6 介质间断面示意图

Fig.6 Cross section view of the fault

5 监测区受介质间断面影响改变人工裂缝方向的井

蒙古国塔木查格盆地及中国黑龙江省海拉尔盆

界面,不发生相对滑动,则把这样的面称为介质间断面。间断面沿面的变形应该较底部地层没有受到上覆地层影响时大、间断面尺度趋短,间断面附近地层受到沿间断面的压缩。间断面沿面的变形应该较上覆地层没有受到底部地层影响时小、间断面尺度趋长,间断面附近地层受到沿间断面的拉伸。人工裂缝从底部地层穿过间断面进入上覆地层应该转向平行间断面法向方向,介质间断面影响了裂缝方向。

希 68-58 井位于等深线急剧变化的位置。等

深线二侧应该是模量不同的介质,这可以使裂缝转向沿等深线走向或沿等深线梯度方向,希 68-58 井的人工裂缝方向转向沿等深线的梯度方向,北东 40.7° 方向,相对区域最大水平主应力方向左旋。人工裂缝的这类偏转不与产量相关,发现的两个受介质间断面影响改变裂缝方向的井,希 65-51 井是干层、差油层,希 68-58 井是中产水层、低产油层(见图 7)。

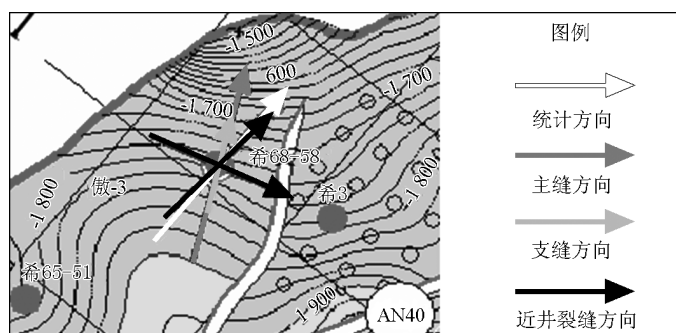


图 7 希 68-58 井压裂裂缝监测结果

Fig. 7 Microseismic monitoring result for Well Xi 68-58

6 结语

对蒙古国塔木查格盆地及中国黑龙江省海拉尔盆地进行了一批人工裂缝监测,监测给出区域最大水平主应力方向,也发现了一批异常人工裂缝方向的井,异常人工裂缝方向的井通常占监测井数的 10%~20%。监测表明,控制人工裂缝方向有很多因素:区域应力场、区域最大水平主应力方向是最普遍的控制因素,统计各油田区块的人工裂缝方向,

优势方向经常沿最大水平主应力方向。地质构造、原生裂缝也影响人工裂缝方向,受地质构造、原生裂缝影响改变人工裂缝方向的井,通常有较高的产液量。介质间断面也改变人工裂缝方向,这类裂缝方向改变通常与产液量无关。

油田布井,应该考虑构造、原生裂缝、介质间断面对人工裂缝方向的影响,在特殊的位置采用有区别的布井方案。

Direction and influencing factors of hydraulic fracture

Zhao Guoshi, Xu Jian, Qiu Jinping

(Geological Brigade of No.8 Oil Production Plant, Daqing Oilfield Ltd. ,
Daqing, Heilongjiang 163514, China)

[**Abstract**] Stress orientations of regional stress field is the main influencing factors for the hydraulic fracture. Most of the hydraulic fracture extend along the greatest principal stress direction, which also affected by geological structure, original faults and faulting plane. Lots of hydraulic fracturing have been monitored in the Tamtsag Basin of Mongolia and Hailaer Basin in the Heilongjiang province of China, which provided information for the will distribution. It is proved that the rule of the greatest principal stress direction except some anomaly directions. It will be great helpful for us to study these anomaly cases. The following of this article will analysis the mechanism of the anomaly directions and reasons for high production.

[**Key words**] direction of hydraulic fracture; geological structure; original faults; faulting plane